

PAT-NO: JP02002181686A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002181686 A

TITLE: METHOD AND APPARATUS FOR MAKING OPTICAL APERTURE

PUBN-DATE: June 26, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MAEDA, HIDETAKA	N/A
OMI, MANABU	N/A
KATO, KENJI	N/A
ARAWA, TAKASHI	N/A
MITSUOKA, YASUYUKI	N/A
ICHIHARA, SUSUMU	N/A
SHINOHARA, YOKO	N/A
KASAMA, NOBUYUKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SEIKO INSTRUMENTS INC	N/A

APPL-NO: JP2000379265

APPL-DATE: December 13, 2000

INT-CL (IPC): G01N013/14, G01N013/10, G02B021/00, G11B007/12, G11B007/22  
, G12B021/06

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an apparatus for making microscopic apertures with uniform aperture diameters using a simple method.

SOLUTION: A method of making optical apertures in the end of conical tip 1 includes causing displacement of a pressing element 7, by application of a

force from the outside, relative to a body in which the apertures are to be formed and which consists of the tip 1, stoppers 2 positioned near the tip 1 and each having approximately the same height as the tip 1, and a light-blocking film 3 formed at least over the tip 1, with the pressing element having such a rough plane that covers at least the tip 1 and at least a portion of each stopper 2.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-181686

(P2002-181686A)

(43) 公開日 平成14年6月26日 (2002.6.26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 1 N 13/14		G 0 1 N 13/14	B 2 H 0 5 2
13/10		13/10	G 5 D 1 1 9
G 0 2 B 21/00		G 0 2 B 21/00	
G 1 1 B 7/12		G 1 1 B 7/12	
7/22		7/22	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-379265 (P2000-379265)

(22) 出願日 平成12年12月13日 (2000.12.13)

(71) 出願人 000002325

セイコーインスツルメンツ株式会社  
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(72) 発明者 前田 英孝

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株  
式会社エスアイアイ・アールディセンター  
内

(72) 発明者 大海 学

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株  
式会社エスアイアイ・アールディセンター  
内

(74) 代理人 100096378

弁理士 坂上 正明

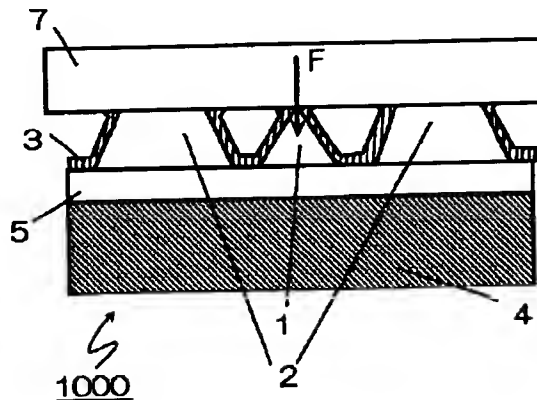
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学的な開口の作製方法及び作製装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明の課題は、簡便な方法で均一な開口径を有する微小開口を形成する作製装置を提供することである。

【解決手段】 錐状のチップ1先端に光学的な開口を形成する開口作製方法において、チップ1と、チップ1の近傍に配置され、チップ1と略同じ高さを有するストッパー2と、少なくともチップ1上に形成された遮光膜3からなる被開口形成体に対して、少なくともチップ1およびストッパー2の少なくとも一部を覆うような略平面を有する押し込み体7に外部から力をかけることによって変位させ、チップ1先端に光学的な開口を形成することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 錐状のチップ先端に光学的な開口を形成する開口作製方法において、

前記チップと、

前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと、

少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、

少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆うような略平面を有する押し込み体により外部から力をかけることによって変位させ、

前記チップ先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口の作製方法。

【請求項2】 前記力が前記押し込み体に対し、重りが衝突する事によって発生する衝撃力によるものであることを特徴とする請求項1記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項3】 前記力が前記押し込み体に対し、加圧手段によって発生する圧力によるものであることを特徴とする請求項1記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項4】 前記衝撃力が前記重りを一定の高さから略垂直に落下させることによって発生するものであることを特徴とする請求項2記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項5】 前記衝撃力が支点を中心にした円運動している重りと前記被開口形成体との衝突によって発生する衝撃力によるものであることを特徴とする請求項2記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項6】 前記加圧手段がばねの応力によって移動することで発生するものであることを特徴とする請求項3記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項7】 前記加圧手段が磁性体を磁力の反発力或いは吸引力によって移動することで発生するものであることを特徴とする請求項3記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項8】 前記チップと、前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと、少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、

少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆うような略平面を有する押し込み体に対し、請求項1から請求項7までの何れかの開口作成方法を有することを特徴とする光学的な開口を形成する開口作製装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光学的な開口の作製装置に関するものである。特に近視野光を照射・検出する近視野光デバイスに用いる開口の作製装置に関する

る。

## 【0002】

【従来の技術】試料表面においてナノメートルオーダの微小な領域を観察するために走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）に代表される走査型プローブ顕微鏡（SPM）が用いられている。SPMは、先端が先鋭化されたプローブを試料表面に走査させ、プローブと試料表面との間に生じるトンネル電流や原子間力などの相互作用を観察対象として、プローブ先端形状に依存した分解能の像を得ることができるが、比較的、観察する試料に対する制約が厳しい。

【0003】そこでいま、試料表面に生成される近視野光とプローブとの間に生じる相互作用を観察対象とすることで、試料表面の微小な領域の観察を可能にした近視野光学顕微鏡（SNOM）が注目されている。

【0004】近視野光学顕微鏡においては、先鋭化された光ファイバーの先端に設けられた開口から近視野光を試料の表面に照射する。開口は、光ファイバーに導入される光の波長の回折限界以下の大きさを有しており、たとえば、100nm程度の直径である。プローブ先端に形成された開口と試料間の距離は、SPMの技術によって制御され、その値は開口の大きさ以下である。このとき、試料上での近視野光のスポット径は、開口の大きさとほぼ同じである。したがって、試料表面に照射する近視野光を走査することで、微小領域における試料の光学物性の観測を可能としている。

【0005】顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバープローブを通して試料に向けて比較的強度の大きな光を導入させることにより、光ファイバープローブの開口にエネルギー密度の高い近視野光を生成し、その近視野光によって試料表面の構造または物性を局所的に変更させる高密度な光メモリ記録としての応用も可能である。強度の大きな近視野光を得るために、プローブ先端の先端角を大きくすることが試みられている。

【0006】これら近視野光を利用したデバイスにおいて、開口の形成が最も重要である。開口の作製方法の一つとして、特許公報平5-21201に開示されている方法が知られている。特許公報平5-21201の開口作製方法は、開口を形成するための試料として、先鋭化した光波ガイドに遮光膜を堆積したものをを用いている。開口の作製方法は、遮光膜付きの先鋭化した光波ガイドを圧電アクチュエータによって良好に制御された非常に小さな押しつけ量で硬い平板に押しつけることによって、先端の遮光膜を塑性変形させている。

【0007】また、開口の形成方法として、特開平11-265520に開示されている方法がある。特開平11-265520の開口の作製方法において、開口を形成する対象は、平板上に集束イオンビーム（FIB）によって形成された突起先端である。開口の形成方法は、突起先端の遮光膜に、側面からFIBを照射し、突起先端の遮光膜を除去するこ

とによって行っている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特許公報平5-21201の方法によれば、光波ガイド一本ずつしか開口を形成する事ができない。また、特許公報平5-21201の方法によれば、移動分解能が数 $\mu\text{m}$ の圧電アクチュエータによって押し込み量を制御する必要があるため、開口形成装置をその他の装置や空気などの振動による影響が少ない環境におかななくてはならない。また、光伝搬体ロッドが平板に対して垂直に当たるように調整する時間がかかってしまう。また、移動量の小さな圧電アクチュエータの他に、移動量の大きな機械的並進台が必要となる。さらに、移動分解能が小さな圧電アクチュエータをもちいて、押し込み量を制御するさいに、制御装置が必要であり、かつ、制御して開口を形成するためには数分の時間がかかる。したがって、開口作製のために、高電圧電源やフィードバック回路などの大がかりな装置が必要となる。また、開口形成にかかるコストが高くなる問題があった。

【0009】また、特開平11-265520の方法によれば、加工対象は平板上の突起であるが、FIBを用いて開口を形成しているため、一つの開口の形成にかかる時間が10分程度と長い。また、FIBを用いるために、試料を真空中におかなければならない。従って、開口作製にかかる作製コストが高くなる問題があった。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、錐状のチップ先端に光学的な開口を形成する開口作製方法及び作製装置において、前記チップと、前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと、少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆うような略平面を有する押し込み体に外部から力をかけることによって変位させ、前記チップ先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口の開口作製方法とした。

【0011】したがって、本発明の光学的な開口を形成する開口形成装置によれば、前記チップと略同じ高さを有するストッパーによって、前記平面の変位が制御されるため、所定の力で平面を押すだけで簡単に光学的な開口を作製する事ができる。また、真空中、液中、大気中など様々な環境下で開口を作製することができる。また、光学的な開口を作製する際に特別な制御装置を必要としないため、光学的な開口を作製するための装置を単純化する事ができる。また、所定の力を与える時間を非常に短くすることが容易であり、開口作製にかかる時間を短くすることができるため、開口作製にかかるコストを低くすることができる。

【0012】また、前記力が前記押し込み体に対し、重

りが衝突する事によって発生する衝撃力によるものであることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0013】したがって、重りを落下させるだけの簡単な構造で光学的な開口を作製するための装置が容易にできるため、開口作製にかかるコストを低くすることができる。

【0014】また、前記力が前記押し込み体に対し、加圧手段によって発生する圧力によるものであることを特徴とする請求項1記載の光学的な開口を形成する開口作製方法とした。

【0015】したがって、簡単な加圧手段だけで光学的な開口を作製するための装置を構成する事ができるため、安価に精度よく作製する事ができる。また、加圧手段によって発生する圧力を制御することによって、前記押し込み体の変位量を任意に設定できるため、様々な開口サイズを作製する事ができる。

【0016】また、前記衝撃力が重りを一定の高さから略垂直に落下させることによって発生するものであることを特徴とする光学的な開口の作製方法及び作製装置とした。したがって、重りを一定の高さから略垂直に落下させる事によって安定的な衝撃力が発生するため、押し込み体の変位量を一定にする事ができ、安価に精度よく光学的な開口を形成する事ができる。

【0017】また、前記衝撃力が支点を中心にした円運動している重りと前記被開口形成体との衝突によって発生する衝撃力によるものであることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。したがって、前記押し込み体の変位量を支点を中心にした円運動している重りと前記被開口形成体との衝突によって発生する衝撃力を容易に一定に制御することができるため、大きさが均一で、かつ、微小な光学的な開口を簡単に作製する事ができ、光学的な開口の作製歩留まりを向上させることが容易である。また、支点と重りの位置を変えることで容易に前記被開口形成体との衝突によって発生する衝撃力を可変する事ができるため、前記押し込み体の変位量を任意に設定でき、様々な開口サイズを作製する事ができる。

【0018】また、前記加圧手段がばねの応力によって稼動することで発生するものであることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。したがって、前記加圧手段をばねの応力で制御する事で、前記押し込み体の変位量を制御する事ができるため、大きさが均一で、かつ、微小な光学的な開口を簡単に作製する事ができ、光学的な開口の作製歩留まりを向上させることが容易である。また、押し込み体の変位量をばね圧を可変させるだけで制御する事ができるため、様々な開口サイズを容易に作製する事ができる。

【0019】また、前記加圧手段が磁性体を磁力の反発力或いは吸引力によって稼動することで発生するものであることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。したがって、前記加圧手段を磁力で制御する事で、前記

押し込み体の変位量を制御する事ができるため、大きさが均一で、かつ、微小な光学的な開口を簡単に作製する事ができ、光学的な開口の作製歩留まりを向上させることが容易である。また、押し込み体の変位量を加圧手段で簡単に制御できるため、様々な開口サイズを容易に作製する事ができる。

【0020】また、前記チップと、前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと、少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆うような略平面を有する押し込み体に対し、請求項1から請求項7までの何れかの開口作成方法を有することを特徴とする光学的な開口を形成する開口作製装置とした。したがって、簡単な装置構成で大量生産が可能となり、高精度に光学的な開口を容易に作成する事ができる。また、製作工程をオートメーション化できることで歩留まりが向上し安価に提供することができる。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の開口の形成方法について、添付の図面を参照して詳細に説明する。

(実施の形態1) 図1から図3は、本発明の実施の形態1に係る光学的な開口を形成する開口形成装置を説明する図である。図1に示す、ワーク1000は、基板4上に形成された透明層5、透明層5の上に形成された錐状のチップ1および尾根状のストッパー2、チップ1、ストッパー2および透明層5の上に形成された遮光膜3からなる。なお、ワーク1000において、透明層5は、必ずしも必要ではなく、例えば図6の様に遮光膜3は、チップ1、ストッパー2および基板4上に形成される。また、遮光膜3は、チップ1にだけ堆積されていてもよい。

【0022】チップ1の高さH1は、数 $\mu\text{m}$ 以下であり、ストッパー2の高さH2は、数 $\mu\text{m}$ 以下である。高さH1と高さH2の差は、1000nm以下である。チップ1とストッパー2の間隔は、数 $\mu\text{m}$ 以下である。また、遮光膜3の厚さは、遮光膜3の材質によって異なるが、数10nmから数100nmである。

【0023】チップ1、ストッパー2および透明層5は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジंकセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。また、チップ1の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しでもチップ1を透過する材料であれば用いることができる。また、チップ1、ストッパー2および透明層5は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜3は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タングステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【0024】図2は、開口を形成する方法において、チップ1上の遮光膜3を塑性変形させている状態を示した図である。図1で示したワーク1000の上に、チップ1および少なくともストッパー2の一部を覆い、かつ、少なくともチップ1およびストッパー2側が平面である板6を載せ、さらに板6の上には、押し込み用具7を載せる。押し込み用具7にチップ1の中心軸方向に力Fを加えることによって、板6がチップ1に向かって移動する。チップ1と板6との接触面積に比べて、ストッパー2と板6との接触面積は、数100～数万倍も大きい。したがって、与えられた力Fは、ストッパー2によって分散され、結果として板6の変位量は小さくなる。板6の変位量が小さいため、遮光膜3が受ける塑性変形量は非常に小さい。また、チップ1およびストッパー2は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。力Fの加え方は、所定の重さのおもりを所定の距離だけ持ち上げて、自由落下させる方法や、所定のバネ定数のバネを押し込み用具7に取り付け、所定の距離だけバネを押し込む方法などがある。板6が、遮光膜よりも強く、チップ1およびストッパー2よりも柔らかい材料である場合、チップ1およびストッパー2が受ける力は、板6によって吸収されるため、板6の変位量がより小さくなり、遮光膜3の塑性変形量を小さくすることが容易となる。

【0025】図3は、力Fを加えた後に、板6および押し込み用具7を取り除いた状態を示した図である。遮光膜3の塑性変形量が非常に小さく、チップ1およびストッパー2が弾性変形領域でのみ変位しているため、チップ1の先端に開口8が形成される。開口8の大きさは、数 $\mu\text{m}$ からチップ1を通過する光の波長の回折限界程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具7とワーク1000の間に板6が挿入されていたが、板6を除去して直接押し込み用具7で押し込むことによっても同様に開口8を形成できることは、いうまでもない。開口8に光を導入するために、基板4をチップ1の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体5またはチップ1の少なくとも一部を露出させて、開口8への光の導入口を形成する。また、基板4を透明材料103で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができるのは言うまでもない。

【0026】以上説明したように、本発明の開口作製方法によれば、ストッパー2によって板6の変位量を良好に制御することができ、かつ、板6の変位量を非常に小さくできるため、大きさが均一で小さな開口8をチップ1先端に容易に作製することができる。また、基板側から光を照射して、開口8から近視野光を発生させることができる。

【0027】次に図9(A)と図9(B)は本発明の実施の形態1に係る光学的な開口を形成する開口形成装置を説明する図である。

【0028】図9(A)は、開口形成装置の構成図を示

し、図9(B)はワーク1000の上部より拡大鏡402によるワーク1000と透明な平面である板6の観察像を示す。

【0029】図9(A)は、ステージ401、荷重制御器300と拡大鏡402から構成されていて、水平に置かれたステージ401はワーク1000と透明な平面である板6を重ね合わせて平行に載せられる構造をしており、平面方向に平行移動ができる様、2軸のボールネジ式ステージなどから成る。

【0030】荷重制御器300は、重り301が支点軸303を支点とし一定角度から円弧状に自然落下する様になっていて、回転ギヤ302は、一定方向に回転させると一定角度まで重り301が持ち上がり、更に回転を加えると重り301が自然落下する様にクラッチや連立ギヤなどで構成されている。

【0031】また、ステージ401と荷重制御器300は、荷重目標点201に対し荷重制御器300の重り301が落下後、先端に位置する荷重点304が荷重目標点に対し垂直な荷重が架かる様位置されている。

【0032】拡大鏡402は光軸に十字スケールの付いた顕微鏡やCCDカメラなどからなり前記301が落下後の荷重点304が十字スケールの中心にくるよう支軸303との相対位置にレイアウトされている。

【0033】よって、ステージ401上にワーク1000を載せた後、板6上の荷重目標点201と拡大鏡402十字スケールとをステージ401を移動させる事で合わせる。次に荷重制御器300の回転ギヤ302を回転させる事で重り301が一定角度より自然落下するため、一定の荷重が荷重目標点201に架かることとなり、ワーク1000上のチップ1に光学的な開口を形成させる事ができる。

【0034】また、荷重目標点201に架かる荷重Fは、荷重制御器300の重り301の落下位置である角度と重量によって決定されるがこれは、開口サイズ、板6の材質や遮光膜3の厚さは、材質によって決定される。また、重り6の先端部は球状になっており、荷重目標点201対しなるべく荷重点が小さくなる様に構成されている。

【0035】以上説明したように、本発明の開口作製方法によれば、荷重目標点に対し繰り返し精度良く一定荷重を架ける事ができるため、安定的な光学的な開口を形成させる事が可能となる。また、装置全体のコストも安く安価に光学的な開口を形成させる事ができる。

【0036】次に、ワーク1000の製造方法を図4と図5を用いて説明する。図4は、基板材料104上に透明材料103を形成したのち、チップ用マスク101およびストッパー用マスク102を形成した状態を示している。図4(a)は上面図を示しており、図4(b)は、図4(a)のA-A'で示す位置における断面図を示している。透明材料103は、気相化学堆積法(CVD)やスピコートによ

って基板材料104上に形成する。また、透明材料103は、固相接合や接着などの方法によっても基板材料104上に形成することができる。次に、透明材料103上にフォトリソグラフィ工程によって、チップ用マスク101及びストッパー用マスク102を形成する。チップ用マスク101とストッパー用マスク102は、同時に形成しても良いし、別々に形成しても良い。

【0037】チップ用マスク101およびストッパー用マスク102は、透明材料103の材質と次工程で用いるエッチャントによるが、フォトレジストや窒化膜などを用いる。透明材料103は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジंकセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。

【0038】チップ用マスク101の直径は、たとえば数 $\mu\text{m}$ 以下である。ストッパー用マスク102の幅W1は、たとえば、チップ用マスク101の直径と同じかそれよりも数10nm〜数 $\mu\text{m}$ だけ小さい。また、ストッパー用マスク102の幅W1は、チップ用マスク101の直径よりも数10nm〜数 $\mu\text{m}$ だけ大きくてもよい。また、ストッパー用マスク102の長さは、数10 $\mu\text{m}$ 以上である。

【0039】図5は、チップ1およびストッパー2を形成した状態を示している。図5(a)は上面図であり、図5(b)は、図5(a)のA-A'で示す位置の断面図である。チップ用マスク101およびストッパー用マスク102を形成した後、ウェットエッチングによる等方性エッチングによってチップ1およびストッパー2を形成する。透明材料103の厚さとチップ1およびストッパー2の高さの関係を調整することによって、図1に示す透明層5が形成されたり、形成されなかったりする。チップ1の先端半径は、数nmから数100nmである。この後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する事によって、図1に示すワーク1000を形成する事ができる。また、遮光膜3をチップ1にだけ堆積する場合、遮光膜3の堆積工程において、チップ1上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク1000のチップが形成された面の全面に遮光膜3を堆積した後、チップ1にだけ遮光膜3が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いても、チップ1上にだけ遮光膜3を形成する事ができることは言うまでもない。

【0040】図7および図8は、上記で説明したワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。なお、以下では、チップ用マスク101の直径が、ストッパー用マスク102の幅よりも小さい場合について説明する。図7は、図5(a)で説明した工程において、チップ1とストッパー2だけを示した図であり、図8は、図7中B-B'で示す位置の

チップ1と、図7中C-C'で示す位置のストッパー2の断面図である。図8(a)は、チップ1がちょうど形成された状態を示した図である。ストッパー用マスク102の幅は、チップ用マスク101の直径よりも大きい。図8(a)の状態では、ストッパー2の上面には、平らな部分が残る。この平らな部分上にストッパー用マスク102が残っている。しかしながら、チップ用マスク101は、チップ1との接触面積が非常に小さくなるため、はずれてしまう。図8(a)の状態では、チップ1の高さH11とストッパー2の高さH22は、同じである。図8(b)は、図8(a)の状態からさらにエッチングを進め、ストッパー2上面の平らな部分がちょうどなくなった状態を示している。図8(a)の状態からさらにエッチングを行うと、チップ用マスク101が無いチップ1の高さH111は、徐々に低くなっていく。一方、ストッパー用マスクが残っているストッパー2の高さH222は、H22と同じままである。ストッパー2の上面の平らな部分の幅は、徐々に狭くなり、断面形状は図8(b)に示すように、三角形になる。このときのチップ1とストッパー2の高さの差 $\Delta H$ は、チップ用マスク101の直径とストッパー用マスク102の幅の差、および、チップ1とストッパー2の先端角によって異なるが、おおよそ1000nm以下程度である。図8(c)は、図8(b)の状態からさらにエッチングを進めた状態を示している。チップ1の高さH1111は、高さH111よりも低くなる。同様に、ストッパーH2222の高さも、高さH222よりも小さくなる。しかし、高さH1111と高さH2222の減少量は、同じであるため、チップ1とストッパー2の高さの差 $\Delta H$ は、変化しない。なお、ストッパー用マスク102の幅が、チップ用マスク101よりも小さい場合は、チップ1とストッパー2の高さの関係が逆になるだけである。また、チップ用マスク101とストッパー用マスク102が等しい場合は、チップ1とストッパー2の高さが等しくなることは言うまでもない。

【0041】本発明のワーク1000の作製方法によれば、フォトリソグラフィ工程によってチップ1とストッパー2の高さの差 $\Delta H$ を良好に制御することができる。したがって、図1から図3で説明した開口作製方法において、板6の変位量を良好に制御することができる。以上説明したように、本発明の実施の形態1によれば、チップ1とストッパー2の高さを良好に制御することができ、かつ、ストッパー2を設けることによって板6の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口8をチップ1先端に形成する事が容易である。また、チップ1とストッパー2の高さが良好に制御されるため、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力

Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対して均一な開口径の開口8を形成する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単のため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口径の異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口8が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気問わない。従って、大気中で加工する事が可能であり、すぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。また、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口径のそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数100ミリ秒以下と非常に短くなる。

(実施の形態2) 図10(A)と図10(B)は本発明の実施の形態2に係る光学的な開口を形成する開口形成装置を説明する図である。図10(A)は、開口形成装置の荷重制御器の詳細を示し、図10(B)は荷重制御器により板6に荷重が加えられた時の様子を示す。

【0042】実施の形態1と同一であるところは詳細な説明は省くものとする。

【0043】荷重制御器500の回転ギヤ502は回転角度を制御する事のできる回転モータ501とクラッチや連立ギヤからなり、回転モータ501は例えばステッピングモータやDCモータと角度センサーの組み合わせでも良い、この回転ギヤ502を矢印の方向に回転させると圧力バネ503を押す構造となっており、回転ギヤ502の形状と回転モータ501の回転速度によって板6上の荷重目標点201に対し、一定の圧力が加わるため、ワーク1000上のチップ1に光学的な開口を形成させる事ができる。また、荷重目標点201に架かる荷重は、荷重制御器500の回転ギヤ502の形状と圧力バネ503のばね圧によって決定されるがこれは、開口サイズ、板6の材質や遮光膜3の膜厚・材質によって決定される。また、圧力バネ503の先端部は球状になっており、荷重目標点201対しなるべく荷重点が小さくなる様に構成されている。

【0044】また、回転モータ501の回転速度を制御することで、荷重目標点201に架かる荷重を制御できるため、容易に任意の開口サイズを得る事ができる。

(実施の形態3) 図11(A)と図11(B)は本発明の実施の形態3に係る光学的な開口を形成する開口形成装置を説明する図である。図11(A)は、開口形成装置の荷重制御器の詳細を示し、図11(B)は荷重制御



器により板6に荷重が加えられた時の様子を示す。

【0045】実施の形態1と同一であるところは詳細な説明は省くものとする。

【0046】荷重制御器600はコイル602と磁化された鉄心601で構成されており、コイル602に流す電流の方向により鉄心601が上下に移動する構造になっている。押し込み体である板6上の荷重目標点201に対し一定の荷重を架けることとなり、ワーク1000上のチップ1に光学的な開口を形成させる事ができる。

また、荷重目標点201に架かる荷重は、荷重制御器600のコイル602に流す電流の量によって決定されるがこれは、開口サイズ、板6の材質や透光膜3の厚さは、材質によって決定される。また、鉄心601の先端部は球状になっており、荷重目標点201対しなるべく荷重点が小さくなる様に構成されている。また、コイル602に流す電流量と時間を制御することで、荷重目標点201に架かる荷重を制御できるため、容易に任意の開口サイズを得る事ができる。

【0047】さらに電気的に制御が可能となるため、パーソナルコンピュータ等で簡単に制御ができるため、オートメーション化が容易にでき、大量生産が可能となり、安価に光学的な開口作成が行う事ができる。

【0048】

【発明の効果】チップ1とストッパー2の高さ、および、力Fを制御する事によって、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、簡単に開口8を形成する事ができる。また、チップ1とストッパー2の高さが良好に制御されるため、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対して均一な開口径の開口8を形成する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単のため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口径の異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、開口作製にかかる時間は数10秒以下と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。また、力Fを容易に制御できるため、様々なサイズの開口8を製作する事もできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法に

ついて説明した図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図4】ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図5】ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図6】ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図7】ワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。

【図8】ワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。

【図9】本発明の実施の形態1に係る光学的な開口を形成する開口形成装置を説明する図である。

【図10】本発明の実施の形態2に係る光学的な開口を形成する開口形成装置を説明する図である。

【図11】本発明の実施の形態3に係る光学的な開口を形成する開口形成装置を説明する図である。

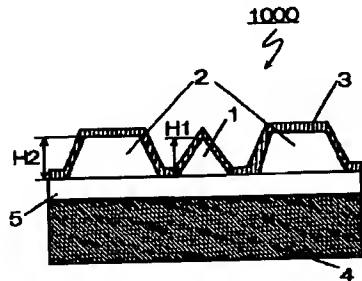
【符号の説明】

- 1 チップ
- 2 ストッパー
- 3 透光膜
- 4 基板
- 5 透明層
- 6 板
- 7 押し込み用具
- 8 開口
- 11 チップ突出部
- 12 板
- 13 位置決め線
- 14 押し込み板付きシート
- 15 ポリエチレンシート
- 16 ガラス板
- 21 突起
- 101 チップ用マスク
- 102 ストッパー用マスク
- 103 透明材料
- 104 基板材料
- 201 荷重目標点
- 300 荷重制御器
- 301 重り
- 302 回転ギヤ
- 303 支点軸
- 304 荷重点
- 401 ステージ
- 402 拡大鏡
- 403 自動制御器

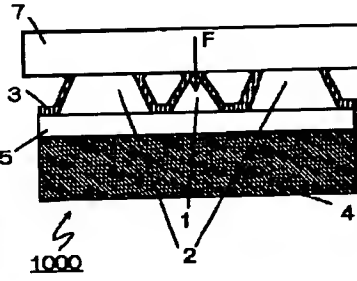
500 荷重制御器  
501 回転モータ  
502 回転ギヤ  
503 圧力バネ  
600 荷重制御器  
601 鉄心

602 コイル  
1000 ワーク  
F 力  
H1 チップの高さ  
H2 ストッパーの高さ

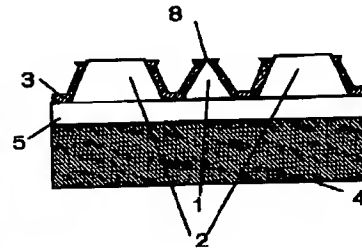
【図1】



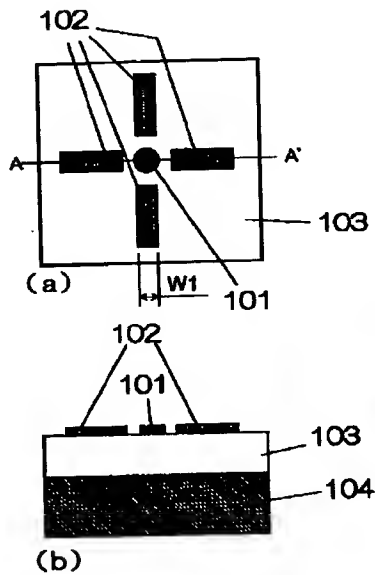
【図2】



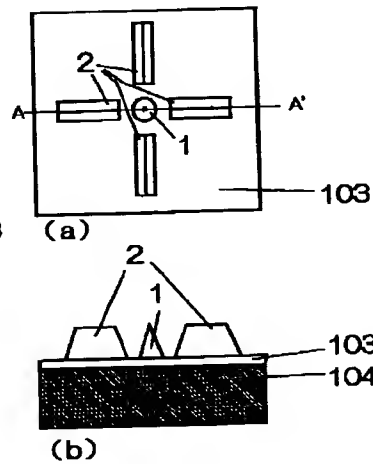
【図3】



【図4】



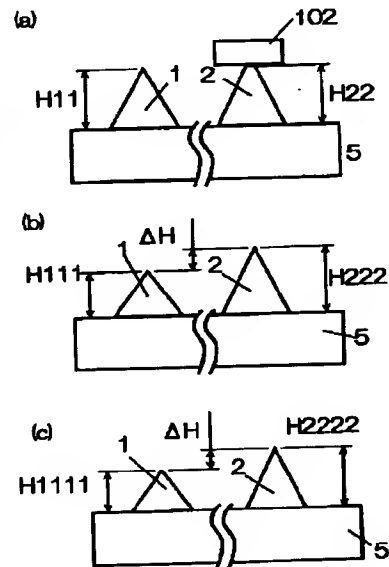
【図5】



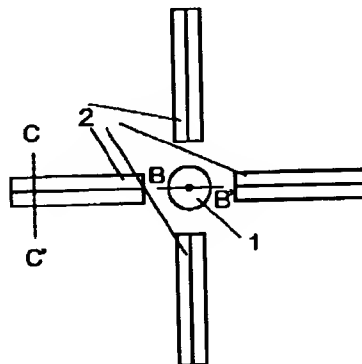
【図6】



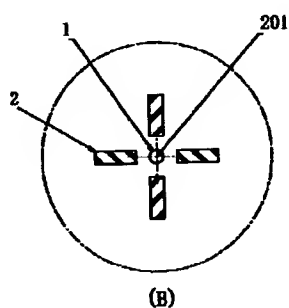
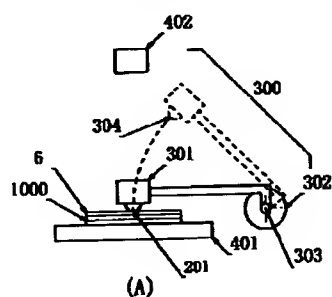
【図8】



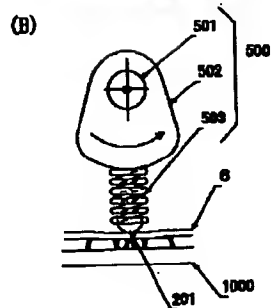
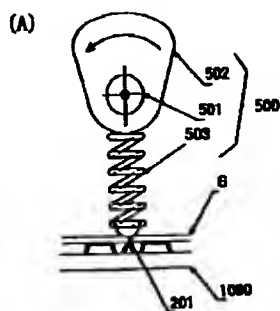
【図7】



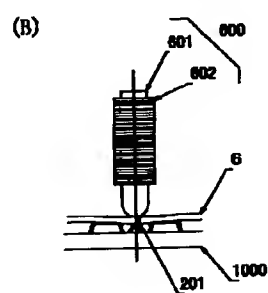
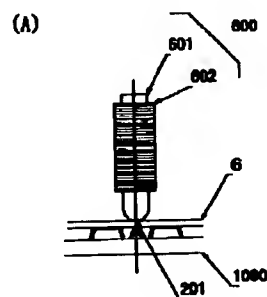
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

G12B 21/06

識別記号

F I

G12B 1/00

テマコード(参考)

601C

(72)発明者 加藤 健二

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

(72)発明者 新輪 隆

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

(72)発明者 光岡 靖幸

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

(72)発明者 市原 進

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

(72)発明者 篠原 陽子

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

(72)発明者 笠間 宣行

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

Fターム(参考) 2H052 AA00 AC01 AC15

5D119 AA22 JA34 NA05